NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. le Dr RENÉ MARAGE

DOCTEUR EN MÉDECINE ET DOCTEUR ÈS SCIENCES

APPENDICE

1903-1904

PARIS

MASSON & Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain

—

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Travaux de physique biologique (*Suite*).

18. — Transmission des vibrations dans l'oreille interne.
19. — Mode d'action des vibrations sur le système nerveux.

Applications médicales.

7. — Action sur l'oreille, à l'état pathologique, des vibrations fondamentales des voyelles.
8. — Mesure et développement de l'audition chez les sourds-muets.
9. — Comment on peut modifier la voix des sourds-muets.

TRAVAUX DE PHYSIQUE BIOLOGIQUE

TRAVAUX SUR L'AUDITION (*Suite*).

18. — TRANSMISSION DES VIBRATIONS DANS L'OREILLE INTERNE (1)

La question à résoudre est la suivante : étant donné que l'étrier se déplace de millièmes de millimètre (2), quelle est la nature des mouvements que ces déplacements impriment aux liquides de l'oreille interne : le périlymphe et l'endolymphe ?

Deux théories sont aujourd'hui en présence ; la première, encore classique, est celle de Helmholtz : pour cet auteur, « ce sont des vibrations transmises aux liquides, et certaines parties de l'organe de Corti vibrent à l'unisson ». La seconde théorie, plus récente, admet que ce sont des mouvements du liquide, en totalité, qui vient frotter à la fois toute la surface épithéliale auditive. Je vais exposer des expériences qui montrent que ces deux théories ne semblent pas absolument exactes, et qu'il faut en admettre une troisième.

Première expérience. — Dans un tube de verre de 2 millimètres de rayon, de manière que sa section droite ait une surface à peu près égale à celle de l'étrier, on met de l'eau distillée contenant des otolithes de grenouille, et l'on soumet ce liquide aux vibrations de la sirène à voyelles, transmises par l'intermédiaire d'une membrane de caoutchouc; quelles que soient l'intensité des vibrations et leur durée, quel que soit le volume du liquide, il est absolument impossible de le faire entrer en vibration; la théorie de Helmholtz, sans citer d'autres raisons fort nombreuses, semble donc bien improbable.

Deuxième expérience. — L'oreille interne est représentée schématiquement dans la figure 1; un sac membraneux, fermé, contenant l'endolymphe E et les cellules auditives, est plongé dans un récipient qui renferme la périlymphe P; ce liquide est mis en rapport avec l'extérieur par les trois moyens suivants :

a. La fenêtre ovale O qui suit les déplacements de l'étrier;

b. La fenêtre ronde R dont la surface est la moitié de la première, elle suit en sens inverse tous les mouvements de la fenêtre ovale ;

c. Le canal périlymphatique CP qui communique avec le liquide céphalo-rachidien. La

(1) Note à l'Académie des Sciences, 26 janvier 1903.
(2) Note à l'Académie de Médecine, février 1901.

figure II représente un schéma encore plus simplifié, mais contenant les éléments essentiels de l'oreille interne.

On peut facilement reproduire ce dispositif de la façon suivante : deux petits cylindres de même hauteur (fig. III), mais de diamètre inégal, sont tangents intérieurement ; leurs bases sont formées de deux lamelles de verre ; le cylindre intérieur (endolymphe) est en

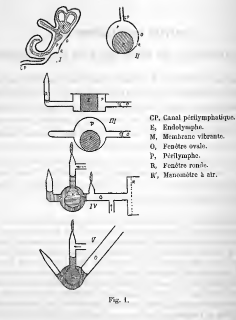


Fig. 1.

baudruche très mince ; le cylindre extérieur en verre (périlymphe) communique avec deux tubes à 180° l'un de l'autre ; l'un des tubes est recourbé et effilé, il contient de l'air R' qui forme un petit manomètre et représente la résistance opposée par la fenêtre ronde et le canal périlymphatique ; les deux cylindres sont remplis d'eau contenant des otolithes ; les liquides sont soumis, par l'intermédiaire du tube ouvert O, à des vibrations bien déterminées et dont on connaît le tracé.

Si l'on examine au microscope ce qui se passe pendant les vibrations, on constate que la périlymphe est animée de mouvements de va-et-vient en totalité, tandis que l'endo-

lymphe est absolument immobile; donc les cellules auditives ne sauraient être influencées par des transports de liquide en totalité, puisque le liquide dans lequel elles baignent ne bouge pas.

Troisième expérience. — Il s'agit de prouver que le sac endolymphatique est soumis à des différences de pression; pour cela on répète l'expérience précédente en remplaçant les deux cylindres par des sphères tangentes intérieurement (fig. IV et V); la sphère intérieure, en baudruche très mince, communique avec un tube ouvert et effilé, relié latéralement avec un autre tube par lequel arrive du gaz acétylène; le tout est rempli du même liquide que l'appareil précédent; le volume total du liquide est le même que celui de l'oreille interne (190 millimètres cubes environ).

Si l'on examine le ménisque au microscope, on voit qu'il est animé de mouvements très rapides de bas en haut, qui indiquent des différences de pression.

Il est important de voir si ces différences de pression ont un certain rapport avec les tracés des voyelles; pour cela, on allume le gaz acétylène et, avec un chronophotographe de Marey, à mouvement continu, on photographie la flamme lorsque le liquide est soumis aux vibrations des voyelles.

On constate que l'on obtient les mêmes tracés que si l'on photographiait directement les vibrations dans l'air. Donc, le sac endolymphatique, qui, dans la nature, est complètement clos, est soumis à des pressions variables et groupées de façon spéciale pour chaque voyelle.

Conclusions. — 1. Les vibrations, en arrivant au tympan, communiquent à l'étrier des déplacements qui sont au plus de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ de millimètre; ces déplacements, transmis par la périlymphe, impriment au sac endolymphatique des variations de pression qui sont groupées comme les tracés des vibrations qui arrivent au tympan.

2. Pour voir au microscope les déplacements du ménisque, il faut employer des sons qui donneraient à l'étrier des déplacements de quelques centièmes de millimètre, tandis que cet osselet se déplace au plus de $\frac{1}{1000}$ de millimètre, c'est-à-dire que ces sons ne pourraient être supportés par une oreille normale.

Il est facile de comparer l'intensité des vibrations que j'emploie avec l'intensité des vibrations de la voix et de conclure, comme je l'ai fait, une valeur approximative des pressions qui s'exercent sur le sac endolymphatique.

3. Ces pressions $\left(\text{de l'ordre de } \overline{10}^{10}\right.$ centimètres pour une voix ordinaire, d'intensité égale à 20$\left.\right)$ sont voisines des dimensions attribuées aux atomes $\left(\overline{10}^{9}\right)$ et de 'espace qui les sépare $\left(\overline{10}^{8}\right)$.

19. — MODE D'ACTION DES VIBRATIONS SUR LE SYSTÈME NERVEUX (1).

« Y a-t-il dans l'oreille, comme l'a dit Helmholtz, différentes parties qui sont mises en vibration par des sons de hauteur différente et qui donnent la sensation de ces sons? » (HELMHOLTZ, *Théorie physiologique de la Musique*, p. 181.) Telle est la question que je voudrais étudier en partie aujourd'hui.

Les malades atteints d'otite scléreuse et les sourds-muets peuvent fournir des indications sur la question que nous nous posons.

1° *Otites scléreuses* (681 observations). Quand on mesure avec la sirène à voyelles OU, O, A (fa_2), È (la_4), I (la_6) l'acuité auditive de ces malades chez lesquels l'oreille moyenne est atteinte, on constate qu'ils peuvent se diviser en trois catégories :

a. Les premiers, et les plus nombreux (48 p. 100), entendent mieux les notes aigues et, en pratique, les voix de femmes et d'enfants que les voix d'hommes (fig. 2, tracé 1);

b. Les seconds, au contraire (24 p. 100), entendent mieux les voyelles émises sur une note grave (fig. 2, tracé 2); pour eux, les voix de femmes et d'enfants sont à peine perceptibles;

c. Les troisièmes (28 p. 100) entendent mal les notes graves et les notes aiguës (fig. 2, tracé 3), la voyelle A, la plus sonore, étant toujours mieux perçue que les autres.

Tous les sujets des deux premières catégories présentent ceci de particulier : *en laissant l'intensité d'une voyelle constante, on peut la rendre perceptible soit en élevant* (première catégorie), *soit en baissant* (deuxième catégorie) *sa note d'émission*.

2° *Surdi-mutité* (73 observations, fig. 3). Dans les cas que j'ai examinés, l'oreille moyenne était intacte; aussi les phénomènes sont-ils absolument différents de ceux que nous avons observés jusqu'ici.

Il est impossible de classer ces malades par catégories et l'on trouve toutes les formes de tracés. La figure 3 en reproduit quelques-uns.

Une très faible proportion (13,5 p. 100) a conservé des restes d'audition par l'air; on les appelle des demi-sourds. On voit que les tracés 1 et 2 diffèrent complètement de ceux de la figure 2.

Tous les autres sont regardés comme des sourds complets; cependant, à l'acoumètre, on constate que certains d'entre eux (36,5 p. 100) (tracés 3 et 4) peuvent encore entendre plus ou moins bien toutes les voyelles par l'intermédiaire d'un tube acoustique muni d'une membrane vibrante.

Les derniers (50 p. 100) ont des trous dans l'audition soit simplement pour les deux voyelles È et I (tracé 5), soit pour toutes les voyelles sauf une (tracé 6), soit pour toutes les voyelles sans exception (tracé 7).

(1) Note à l'Académie des Sciences, 22 février 1904.

Lorsqu'on développe l'acuité auditive de ces malades par la méthode que j'ai indiquée déjà, on se trouve souvent en présence de phénomènes bizarres : les uns (surdité après

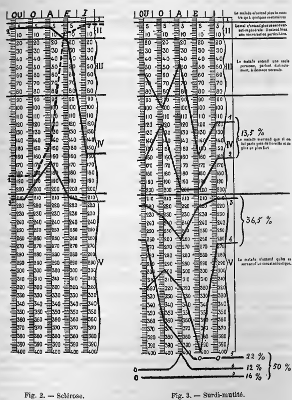


Fig. 2. — Sclérose.

Fig. 3. — Surdi-mutité.

Les chiffres indiquent les pressions sous lesquelles les différentes voyelles sont entendues : l'intensité du son est proportionnelle à la pression de l'air qui le produit.

méningite) arrivent à entendre des *bruits* si faibles que nos appareils ne peuvent pas les inscrire et cependant il est impossible de leur faire percevoir la musique ou la voix; les autres entendent bien les bruits et la musique, ils entendent la voix, mais ils ne comprennent pas (il s'agit de sujets très intelligents). Enfin, chez les derniers, on développe complètement l'audition pour toutes sortes de sons.

Conclusions. — 1° Au point de vue médical, ces courbes présentent un intérêt considérable : en effet, si le tracé de l'acuité auditive d'un malade, atteint d'otite scléreuse, rentre dans une des trois classes de la figure 2, on peut être sûr que le nerf auditif est intact, et l'on obtient toujours par le traitement une amélioration plus ou moins grande (1). Au contraire, un tracé semblable à l'un de ceux de la figure 3 indiquerait que le système nerveux central ou périphérique est plus ou moins atteint, et le pronostic devrait alors être très réservé (2).

On n'est donc pas exposé à faire un traitement inutile, et dès le premier jour, on peut prévoir les résultats.

2° Helmholtz avait dit : « Il doit y avoir dans l'oreille différentes parties qui sont mises en vibration par des sons de hauteur différente. »

Les observations faites sur les scléreux montrent que cette proposition pourrait être ainsi modifiée :

Le tympan et la chaîne des osselets à l'état physiologique transmettent toutes les vibrations avec leurs qualités propres ; à l'état pathologique ces mêmes parties transmettent les vibrations en conservant leur forme, mais en modifiant leur hauteur et leur intensité.

3° Les observations prises sur les sourds-muets montrent que la même proposition d'Helmholtz pourrait probablement être rédigée de la façon suivante :

Il doit y avoir quelque part, dans le système nerveux central ou périphérique, différentes parties qui sont influencées par des sons de forme (timbre) différente (bruits, vibrations musicales, ou parole). Évidemment la preuve complète ne pourrait être faite que si plusieurs autopsies montraient les mêmes lésions chez des malades n'ayant pas entendu les mêmes sons.

(1) *Comptes rendus*, 16 février 1903.
(2) Académie de Médecine, 10 novembre 1903.

APPLICATIONS MÉDICALES

7. — ACTION SUR L'OREILLE A L'ÉTAT PATHOLOGIQUE DES VIBRATIONS FONDAMENTALES DES VOYELLES (1).

Après avoir étudié la physiologie de l'oreille normale, il est intéressant d'examiner comment l'oreille fonctionne à l'état pathologique, lorsque le tympan modifie les vibrations qu'il a reçues et ne transmet plus à l'étrier que des mouvements dont l'amplitude diminue de plus en plus : c'est ce qui se présente dans les otites seléreuses et catarrhales.

J'ai déjà indiqué le moyen de mesurer l'acuité auditive (2); je vais examiner aujourd'hui comment cette acuité se modifie sous l'influence des vibrations de la sirène à voyelles.

J'ai fait depuis cinq ans un grand nombre d'expériences; je réunis aujourd'hui soixante-quinze cas d'otites seléreuses et vingt-cinq cas d'otites catarrhales ou d'otorrhées, *déjà traités sans résultat par les procédés habituels, médicaux ou chirurgicaux;* j'ai choisi de parti pris les cas les plus défavorables, de manière qu'il ne puisse y avoir aucune erreur ni sur le diagnostic, ni sur la gravité de l'affection.

Résultats généraux : 1° Je n'ai jamais rencontré d'audition qui n'ait pas été améliorée au point de vue de la sirène acoumètre, c'est-à-dire que si un sujet entendait, au début, une voyelle sous une pression d'air n, après quelques jours il l'entendait sous une pression n', $n' < n$; donc, à l'acoumètre, l'acuité auditive devient toujours meilleure.

2° Mais cela ne suffit pas, il faut que le sujet s'aperçoive de son amélioration autrement qu'à l'acoumètre; pour comprendre ce phénomène, qui peut sembler bizarre au premier abord, il suffit de considérer la figure 4 dans laquelle les ordonnées représentent les intensités du son perçu par l'oreille, et, par suite, les degrés de surdité; ces degrés de surdité peuvent être partagés en cinq zones, et pour que le malade se sente amélioré, il faut qu'il passe d'une zone dans une autre : c'est ainsi que le sujet 1, atteint d'une otor-

(1) Note à l'Académie des Sciences, 16 février 1903.
(2) Note à l'Académie des Sciences et à l'Académie de Médecine, novembre 1901.

rhée guérie depuis 13 ans, avait, au début, une acuité auditive de $\frac{1}{210}$, et, à la fin du traitement, $\frac{1}{2}$; l'amélioration était donc très grande puisque l'audition était remontée de la cinquième zone dans la première ; de même le sujet 2, atteint d'otite scléreuse, a eu une amélioration très nette $\left(\text{de } \frac{1}{140} \text{ à } \frac{1}{16}\right)$.

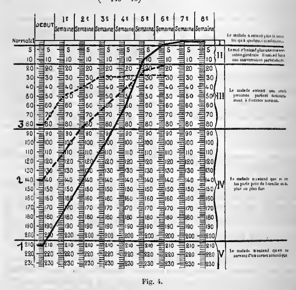


Fig. 4.

Le sujet 3, au contraire, est un insuccès au point de vue pratique, car il est toujours resté dans la même zone : il ne sent pas son amélioration, parce que les interlocuteurs parlent moins fort.

3° Ceci permet d'indiquer d'avance les résultats : si, au début, le malade se trouve dans la partie supérieure d'une zone de surdité (observation 1), il est évident qu'il percevra rapidement l'amélioration observée puisqu'il lui sera facile de passer d'une zone dans une autre ; au contraire, *a priori*, le sujet 3 était un cas défavorable puisque, pour s'apercevoir lui-même de son amélioration, il lui fallait remonter de $\frac{1}{80}$ à $\frac{1}{15}$.

4° Si l'on prend comme abscisses les époques des mesures, on peut, par la forme du

tracé, prévoir la marche du traitement. L'observation 3 nous montre que, dès la troisième semaine, le sujet avait atteint son maximum d'amélioration, tandis que, pour les observations 1 et 2, les progrès ont été continus : on peut dire que, si pendant douze séances il n'y a pas eu de progrès à l'acoumètre, il est inutile de continuer le massage.

Résultats particuliers : 1° *Otites seléreuses* (75 cas). — Il n'y a eu que 12 p. 100 des sujets qui n'aient pas pu passer d'une zone dans une autre; or, si l'on tient compte de ce fait que les procédés habituels avaient été inutiles, on peut conclure que la méthode employée peut encore agir alors que toutes les autres ont échoué.

2° *Otites catarrhales et otorrhées* (25 cas). — Il y a eu seulement 4 p. 100 d'insuccès; les résultats sont donc encore plus favorables que dans les otites scléreuses, ce qui n'a rien d'étonnant, puisque, le plus souvent, l'otite scléreuse n'est qu'une manifestation locale d'un etat général. De plus, les améliorations sont généralement plus rapides.

En résumé, les vibrations fondamentales des voyelles, transmises à l'oreille par une membrane vibrante, ne sont ni douloureuses, ni dangereuses; jusqu'ici on se trouvait presque désarmé dans les cas de surdité dus à l'otite scléreuse; par cette méthode on peut, je ne dirai pas obtenir une guérison, mais une amélioration très notable (88 p. 100) dans des cas ayant résisté à tous les autres procédés médicaux ou chirurgicaux.

J'ai pu suivre certains malades soignés il y a cinq ans (1), chez lesquels l'acuité auditive est restée au point où elle se trouvait à la fin du traitement; il semble donc que l'on puisse regarder, du moins dans beaucoup de cas et principalement chez les sujets jeunes, l'amélioration obtenue comme définitive, surtout si le malade continue à faire fonctionner lui-même son oreille, en se servant des vibrations que cet organe est destiné normalement à recevoir.

(1) Société de Biologie, janvier 1897.



GRAPHIQUES

DES

OBSERVATIONS

(Les ordonnées représentent les acuités auditives $\frac{1}{10}, \frac{1}{40}$, etc.; les abscisses, les numéros des observations; au-dessous, l'âge des malades; par exemple, le malade 75 avait au début une acuité auditive de $\frac{1}{214}$ et, à la fin du traitement, une acuité auditive de $\frac{1}{16}$; son âge était 75 ans.

Les graphiques en pointillé sont les insuccès.)

Observations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
AGES	18	18	24	25	25	28	28	28	28	29	29	30	30	30	33	34	34	34	35	35	37
Normale 1																					
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Observations	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
AGES	54	54	54	56	56	56	58	58	60	62	63	70	70	71	74	82	16	19	27	31	31
Normale 1																					
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260
270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270

Fig.

SCLÉREUSES

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
37	37	38	39	39	39	39	40	40	40	40	42	43	45	45	50	52	54		
																		I	Le malade n'entend plus la montre qu'à quelques centimètres
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	II	Le mal. n'entend plus une conversation générale : il entend bien une conversation particulière
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	III	Le malade entend une seule personne, parlant distinctement, à distance normale
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50		
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	80	60	60	60		
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70		
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80		

61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75					
38	38	44	45	46	48	50	52	53	57	58	62	71	71	75					
																		I	Le malade n'entend plus la montre qu'à quelques centimètres
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	II	Le mal. n'entend plus une conversation générale : il entend bien une conversation particulière
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	III	Le malade entend une seule personne, parlant distinctement, à distance normale
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50		
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60		
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70		
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80		
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	IV	Le malade n'entend que si on lui parle près de l'oreille et de plus en plus fort
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110		
120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120		
130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130		
140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140		
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150		
160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160		
170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170		
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180		
190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190		
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	V	Le malade n'entend qu'en se servant d'un cornet acoustique
220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220		
230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230		
240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240		
250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250		
260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260		
270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270		

OTITES CATARRHALES ET OTORRHÉES.

Observations	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
AGES	6	8	10	11	12	12	13	14	16	17	18	25	28	29	32
Normale															
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220

91	92	93	94	95	96	97	98	99	100				
32	33	36	42	43	44	52	52	58	63				
												I	Le malade n'entend plus la montre qu'à quelques centimètres
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	II	Le mal n'entend plus une conversation générale il entend bien une conversation particulière
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	III	Le malade entend une seule personne parlant distinctement, à distance normale
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50		
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60		
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70		
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80		
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	IV	Le malade n'entend que si on lui parle près de l'oreille et de plus en plus fort
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110		
120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120		
130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130		
140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140		
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150		
160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160		
170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170		
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180		
190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190		
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	V	Le malade n'entend qu'en se servant d'un cornet acoustique
220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220		

Fig. 6.

8. — MESURE ET DÉVELOPPEMENT DE L'AUDITION CHEZ LES SOURDS-MUETS (1).

J'ai repris, à l'école de Bourg-la-Reine, les expériences que j'avais déjà présentées à l'Académie de Médecine en 1898 (2) :

Il s'agissait de déterminer, d'une façon aussi précise que possible, si tous les sourds-muets ont quelques restes d'audition, que l'on peut plus ou moins développer.

En effet, les savants et les médecins qui se sont occupés de cette question se divisent en deux clans bien tranchés : clan Politzer, les sourds-muets sont intransformables; clan Urbantschitsch, tous les sourds-muets doivent faire des exercices acoustiques.

Les premiers vous disent : il est inutile de tenter le développement de l'audition chez les sourds-muets; toutes les autopsies nous montrent que les lésions de l'oreille interne sont tellement graves, que l'organe peut être considéré comme n'existant plus.

Il est évident que si tous les sourds-muets n'ont plus ni oreille interne, ni nerf acoustique, ni centre auditif, ce n'est pas la peine d'essayer quoi que ce soit.

Mais examinons la question de plus près. De 1800 à 1900, en un siécle, on n'a pu réunir en tout que 147 autopsies, et encore y en a-t-il quelques-unes qui ne sont pas trés complétes, car l'oreille n'a pas été examinée !...

Or, d'aprés Mygind, les statistiques officielles comptent en Europe 156438 sourds-muets; si l'on admet trente-trois ans comme moyenne de la vie, cela fait dans le XIX[e] siécle 469314 sourds-muets sur lesquels on a fait 147 autopsies, c'est-à-dire à peu près 3 examens pour 10000 sourds-muets.

Ce nombre est insuffisant pour tirer aucune conclusion ferme.

De plus, il semble qu'on se soit adressé à une classe toute particuliére de malades; en effet, sur 30 sujets atteints de surdi-mutité acquise, 28 sont morts des maladies tuberculeuses; or, il est exagéré de dire que 93 p. 100 de cette classe de sourds-muets sont tuberculeux.

(1) Travail présenté à l'Académie de Médecine, le 24 novembre 1903. In-8 de 68 pages avec 38 tracés.

(2) *Travaux scientifiques*, p. 73.

L'argument tiré de ces examens *post mortem* n'a donc pas la valeur que l'on veut bien lui donner.

D'ailleurs, dans les questions médicales il est toujours téméraire de tirer des conclusions *a priori*; l'expérience doit être le seul guide; c'est ce qu'a pensé Urbantschitsch.

Pour lui et ses élèves, tous les sourds-muets ont des restes d'audition que l'on peut développer. Tout le monde connait la méthode employée par ce savant.

Qui a raison de Politzer ou d'Urbantschitsch? c'est la question que nous avons voulu résoudre en instituant les expériences de Bourg-la-Reine.

Disposition et marche des expériences.

Pour éviter toutes les causes d'erreur, les précautions suivantes ont été prises :

1° Les religieuses qui dirigent l'école de sourdes-muettes établie à Bourg-la-Reine ont choisi elles-mêmes, dans lours différentes classes, 23 sourdes-muettes de sept à seize ans, parmi lesquelles 19 étaient regardées par elles comme n'entendant absolument rien; 4 avaient des restes d'audition, c'est ce que les professeurs appellent des *demi-sourdes*. Elles y joignirent une ancienne élève, très intelligente, âgée de vingt ans, Pauline D... (Obs. n° XX), « sourde comme une table », suivant l'expression de la directrice. Donc, en tout, 24 sujets.

2° Il était indispensable d'avoir le concours d'un professeur indépendant de la maison. M. Dupont, professeur à l'Institut national des sourds-muets de Paris, a examiné les enfants autant de fois qu'il l'a jugé utile, et il a mesuré lui-même, par les méthodes ordinaires, l'audition de chaque sujet.

Donc, au point de vue pédagogique, les expériences étaient entourées de toutes les précautions nécessaires.

3° M. le professeur Gariel connaissait depuis longtemps mes travaux de synthèse des voyelles. En effet, en 1900 il avait fait obtenir le prix Barbier à l'acoumètre que je présentais et qui a servi dans les expériences. Il a bien voulu venir assister aux exercices, en suivre la marche et en contrôler les résultats.

Il fut convenu que les expériences dureraient cinq semaines, qu'elles seraient interrompues pendant trois mois, de manière à pouvoir déterminer la stabilité des résultats obtenus, et qu'elles seraient ensuite reprises pendant huit jours.

Malades témoins.

Ces précautions prises, l'acuité auditive des 24 élèves fut mesurée par la méthode que je décrirai plus loin.

Les enfants furent alors divisées en deux groupes de 12 se correspondant autant que possible pour l'audition, c'est-à-dire que les sourdes-muettes I et II, III et IV, V et VI étaient également sourdes. La plus jeune tira au sort le groupe qui serait mis en traitement.

Le groupe pair fut ainsi désigné.

Principe du traitement.

Pour développer l'audition chez les sourds-muets, on a le choix entre les trois sortes de vibrations que l'oreille est destinée normalement à recevoir : les bruits, la musique, la parole.

Il est naturel de s'adresser à cette dernière, car, de ce que les bruits et la musique sont entendus, il ne s'ensuit nullement que la voix soit perçue, et c'est le but important à atteindre.

La voix naturelle étant trop complexe et son emploi étant trop fatigant, on a fait usage d'une sirène reproduisant les vibrations fondamentales des voyelles OU, O, A, É, I ; l'instrument qui permet de mesurer l'acuité auditive, comme nous le verrons, va nous servir à faire le traitement ; les vibrations qu'il donne peuvent avoir une tonalité quelconque (il suffit de faire tourner la sirène plus ou moins vite) et une intensité quelconque (il suffit d'augmenter ou de diminuer la pression de l'air qui passe à travers l'appareil). On fait arriver l'air vibrant sur une membrane de caoutchouc mince et non tendue ; cette membrane transmet toutes les vibrations, sans introduire ni supprimer aucun harmonique ; un tube de caoutchouc à parois épaisses les transmet alors au tympan ; une des extrémités du tube de caoutchouc pénètre dans le conduit auditif externe, l'autre extrémité est fermée par la membrane qui vibre sous l'influence de la sirène ; on a donc un appareil de massage qui reproduit sur le tympan, avec une intensité graduée, les vibrations fondamentales de la parole ; on peut à volonté prendre comme source les vibrations d'une des voyelles OU, O, A, É, I, et expérimenter l'action de chacune de ces vibrations sur l'oreille.

Expériences.

L'élève est soumis, tous les jours, pendant dix minutes (cinq minutes par oreille) aux vibrations de la sirène ; chaque semaine, l'acuité auditive est mesurée sur les cinq voyelles OU, O, A, É, I.

Le sujet est placé en face de l'appareil, les yeux fermés et une oreille bouchée ; la distance entre l'instrument et le malade est constante et égale à $0^m,50$; on augmente l'intensité du son de la sirène en augmentant la pression de l'air qui y arrive ; cette pression est mesurée au moyen d'un manomètre métallique gradué en millimètres d'eau.

Le son produit sous une pression de 1 millimètre est parfaitement perçu par une oreille normale. Si la pression pour une autre oreille doit être portée à 40 millimètres pour que le son soit entendu, on pourra dire que l'acuité auditive est $\frac{1}{40}$; à 60, $\frac{1}{60}$; à 200, $\frac{1}{200}$, et ainsi de suite. Cette échelle a le grand avantage de correspondre parfaitement à la façon dont la parole est perçue, ce qui est la chose importante pour les sourds.

Si le malade n'entend pas par l'air, on dispose entre l'oreille et la sirène un tube de caoutchouc de 50 centimètres de longueur muni d'une membrane vibrante, de manière à empêcher l'air d'arriver jusqu'à l'oreille ; on évite ainsi une cause d'erreur très importante, les enfants pouvant prendre pour des vibrations sonores ce qui n'est qu'une sensation d'air en mouvement ; on recommence alors les expériences précédentes. Si le malade entend une voyelle, A, par exemple, par l'intermédiaire du tube sous une pression de 60 millimètres, on dira que l'audition est $\frac{1}{260}$, le chiffre 200 indiquant que l'audition ne se fait plus par l'air extérieur, mais par l'intermédiaire d'un tube muni d'une membrane vibrante qui transmet toutes les vibrations sans introduire ni supprimer aucun harmonique. Bien entendu, le sujet ne peut voir ce qui se passe et, au besoin, les expériences ont été recommencées plusieurs fois jusqu'à ce que tous les assistants fussent bien d'accord sur le degré d'audition.

On mesure ainsi très rapidement l'acuité auditive de l'oreille droite et de l'oreille gauche sur les cinq voyelles OU, O, A, É, I ; on répète l'expérience à la fin de chaque semaine et l'on a un tableau tel que le suivant :

Oreille droite.

	Début.	1re s.	2e s.	3e s.	4e s.	5e s.	Interrupt. 3 mois.	6e s.
OU	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{210}$	$\frac{1}{202}$	$\frac{1}{210}$	$\frac{1}{180}$	$\frac{1}{160}$	»	$\frac{1}{60}$
O	0	$\frac{1}{210}$	$\frac{1}{202}$	$\frac{1}{240}$	$\frac{1}{160}$	$\frac{1}{120}$	»	$\frac{1}{20}$
A	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{210}$	$\frac{1}{202}$	$\frac{1}{215}$	$\frac{1}{180}$	$\frac{1}{75}$	»	$\frac{1}{25}$
È	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{240}$	$\frac{1}{230}$	$\frac{1}{265}$	$\frac{1}{230}$	$\frac{1}{180}$	»	$\frac{1}{180}$
I	$\frac{1}{360}$	$\frac{1}{240}$	$\frac{1}{220}$	$\frac{1}{220}$	$\frac{1}{260}$	$\frac{1}{215}$	»	$\frac{1}{215}$
Moy.	$\frac{1}{412}$	$\frac{1}{222}$	$\frac{1}{211}$	$\frac{1}{230}$	$\frac{1}{202}$	$\frac{1}{150}$	»	$\frac{1}{100}$

Oreille gauche.

	Début.	1re s.	2e s.	3e s.	4e s.	5e s.	Interrupt. 3 mois.	6e s.
OU	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{205}$	$\frac{1}{202}$	$\frac{1}{210}$	$\frac{1}{160}$	$\frac{1}{120}$	»	$\frac{1}{120}$
O	0	$\frac{1}{205}$	$\frac{1}{202}$	$\frac{1}{220}$	$\frac{1}{170}$	$\frac{1}{100}$	»	$\frac{1}{100}$
A	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{205}$	$\frac{1}{202}$	$\frac{1}{215}$	$\frac{1}{180}$	$\frac{1}{160}$	»	$\frac{1}{150}$
É	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{305}$	$\frac{1}{230}$	$\frac{1}{220}$	$\frac{1}{220}$	$\frac{1}{160}$	»	$\frac{1}{160}$
I	0	$\frac{1}{240}$	$\frac{1}{220}$	$\frac{1}{220}$	$\frac{1}{215}$	$\frac{1}{140}$	»	$\frac{1}{140}$
Moy.	$\frac{1}{440}$	$\frac{1}{232}$	$\frac{1}{211}$	$\frac{1}{220}$	$\frac{1}{189}$	$\frac{1}{136}$	»	$\frac{1}{134}$

Il arrive (première semaine) que plusieurs voyelles sont entendues, alors que d'autres restent au zéro, c'est-à-dire qu'il faudrait une intensité infiniment grande pour les faire percevoir ; pour prendre la moyenne, on convient, dans ce cas, de remplacer le zéro de non-audition par le chiffre 500.

Évidemment, c'est une pure convention ; mais une expérience de quatre années m'a montré que les tracés ainsi obtenus représentaient aussi exactement que possible, dans la pratique, les changements de l'acuité auditive.

Pour suivre la marche du traitement, on ne peut pas songer à construire une courbe pour chaque voyelle : les tracés se confondraient et l'on ne verrait rien de précis ; alors on convient de prendre la moyenne arithmétique des chiffres obtenus pour chaque voyelle ; c'est ainsi que, dans le tableau précédent, la moyenne de l'oreille droite au début est $\frac{1}{412}$. Le chiffre est alors marqué sur une des lignes verticales des tableaux graphiques (fig. 7).

L'oreille gauche est mesurée de la même façon et l'on obtient un point de la deuxième courbe.

Après la première semaine d'exercices, on mosure de nouveau l'acuité sur les cinq voyelles, on prend la moyenne ot l'on a un deuxième point de la courbe pour l'oreille droite et un deuxième point de la courbe pour l'oreille gauche.

C'est ainsi qu'ont été obtenus tous les tracés des douze observations qui ont été publiées.

En résumé, on prend comme ordonnées la moyenne des pressions sous

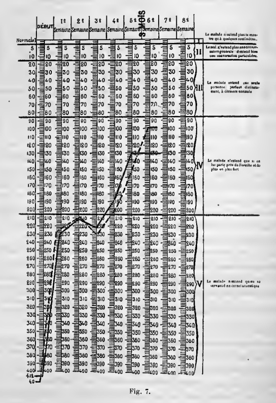


Fig. 7.

lesquelles sont entendues les cinq voyelles et comme abscisses les époques des mesures.

Lorsque le traitement est fini, il est important de comparer l'audition pour

chaque voyelle au début et à la fin; on prend alors comme abscisses les cinq

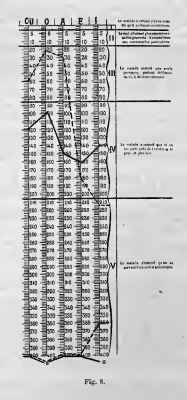


Fig. 8.

voyelles OU, O, A, É, I et comme ordonnées les pressions sous lesquelles ces voyelles sont entendues.

On met en pointillé le tracé de l'oreille droite, en trait plein celui de

l'oreille gauche, et l'on a quatre courbes, les courbes inférieures représentant l'audition au début, les courbes supérieures l'audition à la fin des exercices (fig. 8).

On remarquera que les lignes horizontales partagent les mesures en cinq zones. Tout malade dont l'audition est placée dans la zone inférieure (V) n'entend les vibrations de la sirène que par l'intermédiaire du tube acoustique.

Arrivé dans la quatrième zone, il n'entend que si l'on crie prés de l'oreille de plus en plus fort; dans la troisiéme, il entend une seule personne parlant distinctement à distance normale, etc. (fig. 8).

Conclusions.

1. La sirène à voyelles permet de mesurer d'une façon rapide et précise l'acuité auditive des sourds-muets : le degré d'audition est représenté graphiquement.

2. Les vibrations de cet appareil, transmises à l'oreille par l'intermédiaire d'un tube muni d'une membrane vibrante, développent l'acuité auditive, même chez les sourds complets.

Il suffit généralement, pendant six semaines, d'une séance de cinq minutes chaque jour, à chaque oreille.

3. Non seulement ces vibrations ne sont ni douloureuses, ni fatigantes, mais encore elles procurent au sourd-muet, qui les entend, un véritable plaisir.

4. L'intensité des vibrations doit être faible, et l'on peut parfaitement développer l'audition avec des sons qui ne sont pas entendus.

5. L'audition est mesurée chaque semaine, et l'on détermine ainsi le moment où le sourd-muet peut faire avec succès des exercices acoustiques à la voix nue. On ne *doit* les commencer que si la courbe d'audition se trouve dans la troisième zone de surdité, de manière que le professeur puisse se faire entendre en parlant distinctement et lentement à une distance de $0^m,50$ à 1 mètre, sans forcer la voix.

6. Il n'est pas utile, *dans les pensionnats*, de faire des exercices acoustiques à des enfants au-dessous de onze ans. On peut arriver sans doute avec la sirène à développer leur audition, mais on éprouve ensuite des difficultés très grandes pour les exercices à la voix nue. Il vaut donc mieux attendre que l'intelligence et l'instruction des élèves soient suffisamment développées.

9. — COMMENT ON PEUT MODIFIER LA VOIX DES SOURDS-MUETS (1).

J'ai indiqué dans un travail précédent comment on pouvait mesurer et développer l'audition chez les sourds-muets.

J'ai continué ces expériences et je désire montrer aujourd'hui les modifications que l'on peut obtenir dans la voix de ces malades.

En effet, tous ceux qui visitent une école de sourds-muets ont été frappés du timbre tout à fait particulier qu'ont les élèves; leur voix ne ressemble en rien à celle des entendants et j'ai déjà présenté sur ce sujet une note à l'Académie de Médecine en 1898.

Je vais examiner : 1° *A quoi tient cette particularité*; 2° *Comment on peut faire disparaître au moins en partie cet inconvénient.*

1° Prenons les voyelles principales OU, O, A, E, I, et parmi celles-ci l'une d'entre elles, A, par exemple.

On apprend au sourd-muet que pour faire un A il faut donner à la bouche une formé *spéciale*, faire vibrer en même temps le larynx, et quand on est arrivé à lui faire émettre le son A on a déjà obtenu un beau résultat.

Pour l'élève l'A ne correspond pas à un son comme pour les entendants, mais il correspond à une forme et à une seule de la cavité buccale.

Il en résulte qu'il fera toujours le même A, et que, plus tard, quand il parlera des phrases, ce sera toujours ce même A que nous y retrouverons.

Or, il y a des quantités d'A différents; à chacun d'eux correspond une forme différente de la cavité buccale et la voyelle A est bien émise lorsque la note laryngienne est le troisième sous-harmonique de la note fournie par la bouche; des lois analogues régissent l'émission de toutes les autres voyelles (2).

C'est ce qui fait que chez les entendants la diction est si variée; il faut donc, pour modifier le timbre de voix des sourds-muets, leur faire comprendre qu'il n'y a pas un A mais plusieurs A, un O mais plusieurs O, etc.

2° Pour arriver à ce résultat il ne faut pas prendre les voyelles les unes après les autres et faire prononcer *n* A différents, l'élève s'embrouillerait et tout serait à recommencer.

(1) Académie de Médecine, 27 avril 1904.
(2) Théorie de la formation des voyelles.

Mais lorsque son instruction est suffisamment avancée, c'est-à-dire vers l'âge de douze à treize ans, il faut dèvelopper son audition en lui faisant entendre les vibrations fondamentales des voyelles au moyen de la siréne que j'ai déjà dècrite, et avoir soin, avec un rhèostat, de faire varier la note fondamentale de manière qu'il distingue bien une voyelle A très grave de la même voyelle A très aiguë, cela suffit. On lui fait alors chanter cette voyelle sur une note grave, puis sur une note aiguë, et l'on arrive ainsi assez vite à lui montrer la différence qui existe entre les deux.

Si l'audition a été suffisamment développée pour que le sourd-muet entende la voix nue, les changements sont beaucoup plus rapides; dès le début on lui fait chanter des airs simples; très vite les modifications se produisent et la voix de l'élève se transforme peu à peu dans la conversation ordinaire (1).

Conclusions.

1. Les sourds-muets ont une voix spéciale parce qu'ils parlent avec des vocables fixes, c'est-à-dire en donnant à la bouche une forme spéciale et *une seule* pour chaque voyelle.

2. Pour modifier leur voix il suffit de développer l'audition de manière à faire entendre d'abord des instruments de musique, puis la voix nue. Alors on leur apprend à chanter quelques notes.

Chez tous les sujets, même chez les sourds complets, on a pu développer l'audition au moins pour les instruments de musique; par conséquent, chez tous les élèves on pourra probablement obtenir quelque modification dans le timbre de la voix; naturellement les progrès seront fonction de l'intelligence de chacun d'eux.

(1) Deux sourdes muettes, dont la voix est devenue normale, ont été présentées à la séance de l'Académie.